

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ALLUVIONNEMENT EN MILIEU TROPICAL

**Les facteurs de la sédimentation continentale,  
les produits de l'érosion, les sols alluviaux,  
sur le versant occidental de Madagascar.**

par

**J. HERVIEU \***

*Résumé de la thèse de Doctorat ès Sciences naturelles préparée  
au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences d'Orsay,  
sous la direction de M. le Professeur A. RIVIERE et soutenue  
le 18 mai 1966.*

## 1 - SCHÉMA DIRECTEUR ET PLAN DE L'OUVRAGE

Cette étude a pour but de rechercher la signification climatique et pédogénétique de l'alluvionnement récent et actuel dans les basses plaines alluviales de l'ouest et du nord-ouest de Madagascar, c'est-à-dire en régime tropical typique et pour des bassins versants étendus.

Les dépôts alluviaux ont reçu et conservent à des degrés divers, l'empreinte des conditions morphoclimatiques et pédogénétiques qui règnent dans les bassins versants. A ces caractères hérités se surimposent ceux liés au transport par les eaux courantes ou aux tendances évolutives nouvelles dans le site du dépôt.

La première partie de l'ouvrage précise quelques définitions et donne une vue d'ensemble du milieu naturel. La seconde partie traite des facteurs de la sédimentation continentale : climat, cours d'eau, altérations et pédogenèse, sédimentation plio-quaternaire et variations du niveau de base marin. Dans la troisième partie sont étudiés les différents milieux de sédimentation avec leurs formes d'accumulation, leurs sédiments caractéristiques et les sols qui s'y forment. Dans la quatrième et la dernière partie, l'auteur tente de dresser un bilan qualitatif, et à un degré moindre quantitatif, de l'alluvionnement récent et actuel sur le versant occidental de l'île.

---

\* Maître de Recherches, précédemment au Centre O.R.S.T.O.M. de Tananarive, Madagascar, actuellement aux Services Scientifiques Centraux de Bondy.

## **2 - EXPOSÉ DES FAITS**

### **2.1 - Les facteurs de la sédimentation continentale**

#### **2.1.1 - Climat**

La quasi-totalité du versant occidental malgache est soumise à un climat tropical typique, à un maximum unique de saison chaude. Divers indices climatiques ont été calculés pour préciser les nuances régionales, le bilan de l'eau dans les sols et les cours d'eau, l'agressivité climatique. Le caractère orageux des pluies et leur intensité ont des conséquences fondamentales sur l'érosion des sols et l'enlèvement des matériaux alluviaux.

Les données météorologiques moyennes masquent souvent l'importance des crises dans les phénomènes climatiques.

#### **2.1.2 - Végétation**

Le bush xérophytique est limité au sud-ouest ; la mangrove et la forêt tropicale décidue sèche sont fréquentes dans les régions côtières. La pseudo-steppe graminéenne recouvre la plus grande partie des terrains sédimentaires et le socle ancien. Les formations dégradées sont fréquentes. Le couvert végétal ne joue que très imparfaitement son rôle d'écran et de régulateur.

#### **2.1.3 - Cours d'eau**

Dans le socle ancien, le tracé et la morphologie du réseau hydrographique sont liés aux structures métamorphiques ; dans la couverture sédimentaire, au développement d'un relief de côtes. La plupart des grands cours d'eau ont un bassin versant mixte (roches cristallines et sédimentaires), à relief accentué. Le régime hydrologique est à un seul maximum et fonction de la pluviométrie. Les modules spécifiques varient entre 8 et 40 l/sec/km<sup>2</sup> et l'étiage est très marqué. La puissance des crues apparaît en moyenne plus élevée que celle de nombreux cours d'eau africains.

#### **2.1.4 - Altérations et pédogenèse**

Complexe d'altération et sols proprement dits jouent un rôle très important dans les apports en provenance du massif ancien. Dans la zone sédimentaire, l'influence des roches-mères et des matériaux originels remaniés l'emporte sur celle des sols et des altérations. Les sols dérivés de roches volcaniques basiques ont une importance plus locale. Dans ces différents ensembles sont étudiés les caractères granulométriques et physico-chimiques, les minéraux lourds, les minéraux argileux des matériaux enlevés par l'érosion. Les sols peuvent être groupés géographiquement en complexes morphopédogénétiques dont le critère de différenciation est d'ordre structural. Les sols faiblement ferrallitiques et ferrugineux tropicaux occupent les plus grandes surfaces. Un certain nombre de profils-types sont étudiés en détail pour préciser les caractéristiques d'ensemble de la pédogénèse dans les bassins versants.

#### **2.1.5 - La sédimentation plio-quadernaire et les variations de base du niveau marin**

Les sédiments pliocènes ont un caractère continental marqué avec des faciès différents, mais en moyenne plus grossiers et moins bien triés, que les sédiments actuels. La fin du "cycle" pliocène est marquée par des phénomènes de rubéfaction et d'hydromorphie généralisés. Ensuite,

ont eu lieu la mise en place de nappes de galets et le creusement important des vallées quaternaires et actuelles. L'encaissement de ces vallées dans la surface fini-tertiaire montre une variation négative très importante du niveau marin au Quaternaire ancien, mais les dépôts depuis cette période sont masqués par le remblaiement récent des basses vallées. L'étude des dépôts marins littoraux montre que les transgressions récentes ont dépassé de quelques mètres le niveau marin actuel.

## **2.2 - Les milieux de sédimentation**

### **2.2.1 - Le lit apparent et ses abords**

Ce milieu atteint un grand développement dans les basses vallées de la zone sédimentaire. Les sables de lit sont fins et bien triés, les galets sont rares. Les quartz sont peu usés en général, parfois corrodés. L'association grenat-zircon est dominante dans la zone sédimentaire, alors que la prédominance de l'amphibole caractérise les apports du socle. L'étude des minéraux lourds met en évidence le rôle des affluents de la couverture sédimentaire dans les bassins versants mixtes.

Les sédiments des levées alluviales sont constitués par deux ou plusieurs stocks granulométriques à évolution différente. Les sols de levées se classent dans les sols minéraux bruts ou peu évolués.

### **2.2.2 - La plaine d'inondation**

Les sédiments de terrasse inondables et de surfaces d'épandage sont des dépôts par excès de charge, à faciès plus ou moins parabolique, mais à tendance logarithmique. Ces faciès reflètent l'influence extrêmement grande des conditions locales. Les sédiments de cuvettes et dépressions passent du faciès logarithmique à des faciès de décantation caractéristiques. L'étude granulométrique de ces dépôts et leur évolution transversale dans les plaines deltaïques sont particulièrement significatives du point de vue de la méthode des indices d'A. RIVIERE.

Les sols alluviaux peu évolués présentent en fonction du milieu des faciès à réaction acide ou neutre à modérément alcaline. Les sols salins et salés à alcalis sont soumis à l'influence des nappes salées, à oscillations plus ou moins importantes. Dans les cuvettes stabilisées, la longue saison sèche et les fortes teneurs en argiles gonflantes favorisent la formation de vertisols. Les sols hydromorphes évoluent sous les effets d'un excès d'eau : ils sont classés en fonction de l'importance de l'engorgement et de l'accumulation de matière organique. De nombreux profils caractéristiques sont décrits et analysés.

### **2.2.3 - Le milieu fluvio-marin**

Les eaux salées ont une action marquée sur l'environnement, surtout en saison sèche. Le milieu fluvio-marin est un environnement mixte, à la fois biologique et sédimentologique, avec des zones de mangroves et des zones intermédiaires internes. Dans les mangroves, à quelques exceptions près, le mélange des espèces ou des peuplements de palétuviers est la règle. Le développement des zones intermédiaires n'est pas obligatoirement lié à celui des mangroves. Les dépôts fluvio-marins présentent une évolution sédimentologique assez poussée. Les apports sont saisonniers et le dépôt de la vase se fait dans des sites préférentiels. Ces vases sont pauvres en matière organique et riches en hydroxydes de fer. Les sols sont à la fois hydromorphes et salins.

### **2.2.4 - Les surfaces de décantation sur dépôts fluvio-marins quaternaires ou subactuels**

Ces surfaces correspondent au stade atteint par le remblaiement fluvio-marin lors de la dernière transgression. Les sédiments de ces zones sont argileux et évolués. Les séquences de sols

hydromorphes et vertiques y sont bien développées. La présence de sels y est résiduelle.

### **2.2.5 - Le précontinent**

Dans l'ouest, les dépôts récents constituent une couverture très incomplète sur le plateau continental dont l'extension est variable mais souvent importante. Quatre type de sédiments sont distingués : dépôts organogènes, sables moyens à grossiers, sables fins et sables vaseux, vases. Aux époques récente et actuelle, le phénomène majeur dans la sédimentation précontinentale est probablement la formation de vasières. La composition minéralogique des sédiments marins dans ce secteur reflète en général celle des dépôts alluviaux émergés.

## **3 - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS OBTENUS ET BILAN DE L'ALLUVIONNEMENT**

### **3.1 - Le potentiel d'érosion**

Les résultats des mesures de débits solides sur le Mangoky et la Betsiboka sont discutés. Les taux d'érosion calculés varient entre 69 T/km<sup>2</sup>/an et 1 660 T. Certains de ces résultats ainsi que les taux de dégradation spécifiques estimés par formules théoriques paraissent trop élevés. Un classement relatif des bassins versants occidentaux, du point de vue de l'érosion, est proposé. L'interprétation des analyses d'eaux du Mangoky et de rivières des Hauts Plateaux, est faite du point de vue de l'exportation des éléments et en fonction du cycle climatique annuel. Ces résultats confirment la prédominance de l'érosion mécanique sur l'ablation par dissolution dans les régions étudiées. Les exportations de silice correspondraient à une érosion moyenne de 3,7 mm/millénaire pour la roche saine, de 7,9 mm pour les arènes d'altération.

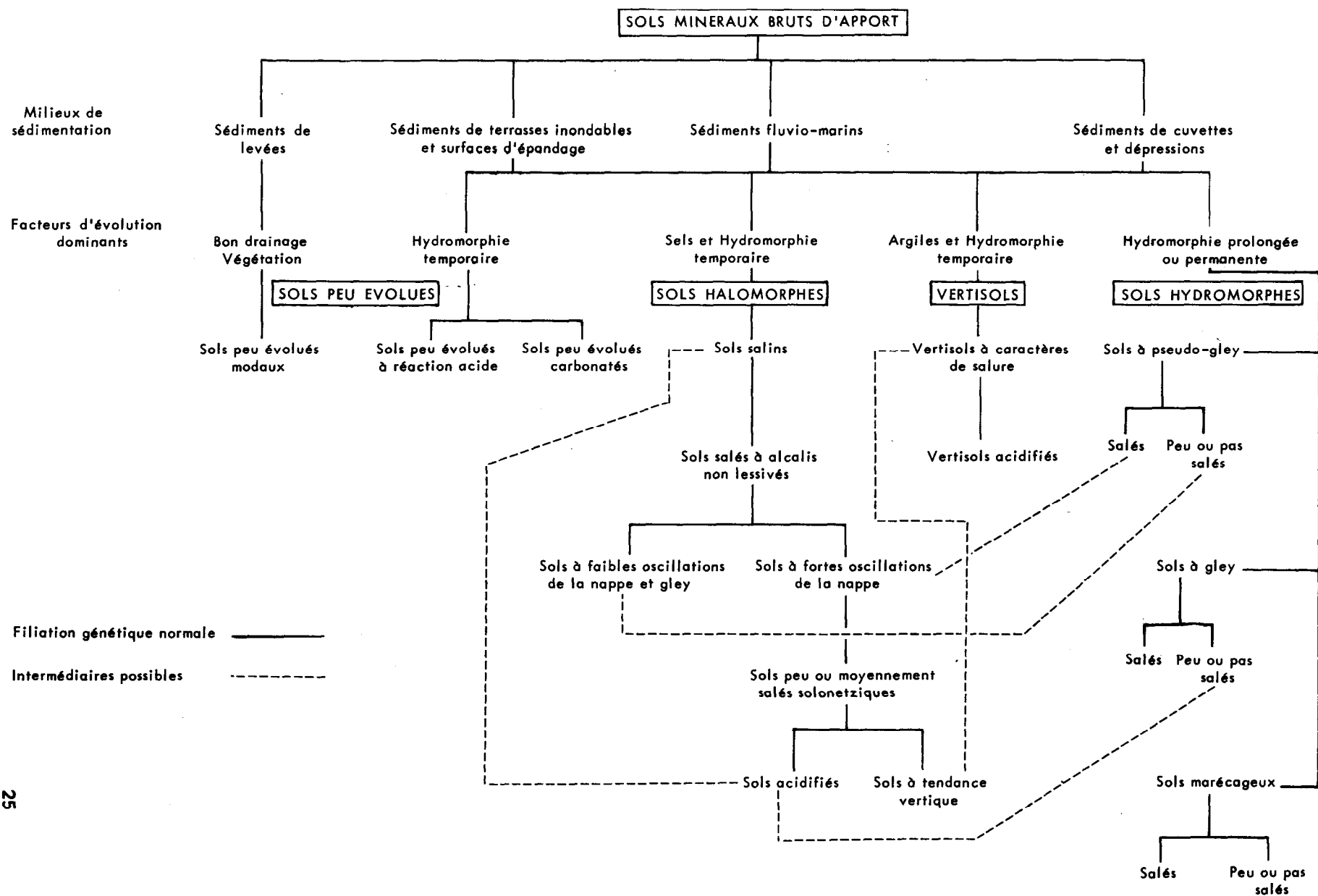
### **3.2 - L'héritage des bassins versants**

L'étude du versant occidental malgache illustre dans la très grande majorité des cas étudiés l'importance primordiale de l'héritage détritique dans la sédimentation continentale récente. Du point de vue dimensionnel, la pauvreté en éléments grossiers, l'importance de la fraction limoneuse, sont des caractères hérités des matériaux en place. Du point de vue minéralogique, le cortège des minéraux lourds et la composition des fractions argileuses s'explique par les apports respectifs du socle ancien et des séries sédimentaires dans chaque bassin versant. En ce qui concerne les argiles, dont la répartition régionale est étudiée en détail, kaolinite et illite proviennent surtout des altérations du socle métamorphique, la montmorillonite des roches sédimentaires. Les proportions de ces minéraux dans les sédiments récents sont fonction de la constitution des bassins versants. Des preuves géographiques de ces phénomènes sont apportées.

### **3.3 - L'influence du milieu de sédimentation**

La sélection des apports lors du transport et de la sédimentation aboutit pour les sols alluviaux à une séquence texturale caractéristique. L'importance des éléments fins pour certaines propriétés physico-chimiques des sols, le pH et la matière organique, les relations entre salure et hydromorphie dans les sols, sont les conséquences directes ou indirectes du milieu de sédimentation. La liaison étroite entre salure pédologique et hydromorphie fluvio-marine est mise en évidence par

# EVOLUTION DES SOLS ALLUVIAUX



l'étude de la composition ionique des eaux fluvio-marines et des nappes d'une part, des sels solubles dans les sols d'autre part. Les possibilités de néoformations argileuses sont envisagées. Une vue d'ensemble sur l'évolution pédogénétique des sols alluviaux est donnée en conclusion. Les principales tendances évolutives sont les suivantes :

- 1 - Sédimentation : les apports annuels importants empêchent toute évolution (zones à alluvionnement rapide).
- 2 - Début d'évolution : en conditions de bon drainage (nappes profondes à fortes oscillations, sols légers), et sous un couvert forestier ou de pseudo-steppe, il se produit une différenciation de l'horizon A. Les caractères de cet horizon et de sa matière organique permettent de penser que l'évolution du sol se fait dans le sens de celles des sols iso-humiques de climat chaud.
- 3 - Salinisation : action des nappes fluvio-marines à faible profondeur dans les dépôts récents.
- 4 - Alcalinisation : action prolongée des nappes fluvio-marines ou des nappes enrichies en sels au contact des dépôts quaternaires ou subactuels. Si la nappe devient profonde ou à fortes oscillations, il peut se produire, par inondation d'eaux douces, un lessivage partiel ou total des sels solubles dans les horizons supérieurs, mais le complexe absorbant reste riche en sodium (tendance solonetzique mais sans lessivage des argiles).
- 5 - Evolution verticale : hautes teneurs en argiles gonflantes liées à une différenciation structurale et à des couleurs foncées dans les horizons supérieurs.
- 6 - Oxydo-réduction des composés du fer : formation d'horizons tachetés ou de gley.
- 7 - Humification marécageuse : accumulation de matière organique en conditions d'engorgement quasi-permanent.
- 8 - Oxydation des composés du soufre : formation de sols acides à sulfates. L'acidification des horizons supérieurs peut se surimposer aux quatre tendances évolutives précédentes.

## 4 - CONCLUSION

Sur le plan général et dans le cadre de l'histoire sédimentaire malgache, la sédimentation récente et actuelle s'inscrit dans une série évolutive d'origine pédologique dont la phase détritique a commencé au pliocène. Dans ce "paysage" à érosion mécanique et sédimentation physique, tectonique et paléoclimats ont probablement joué un rôle culminant à la fin de cette période. Dans la période récente, le rôle de la tectonique est très atténué et les détritiques fins sont prédominants dans les apports. Après avoir contribué dans le passé à la transformation profonde des matériaux, le climat est devenu l'agent essentiel de l'érosion.

Sur le plan des résultats eux-mêmes, ces recherches montrent le rôle majeur de l'héritage dans la sédimentation d'origine continentale et les influences des altérations et des conditions morphoclimatiques dans ce phénomène. Le milieu alluvial classe davantage les matériaux qu'il ne les transforme. En pédogenèse, ces transformations sont cependant notables. Par ailleurs, si la genèse des sols alluviaux est étroitement liée aux caractères sédimentologiques des dépôts, leurs caractéristiques doivent être rapportées à un ensemble plus vaste que la plaine alluviale : celui du bassin versant. L'ensemble de ces considérations aboutit à une meilleure définition des groupes pédogénétiques.